

## 明 細 書

耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体およびその溶接方法

## 〔技術分野〕

本発明は、溶接継手に発生した脆性き裂の伝播を妨げる耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体およびその溶接方法に関する。

具体的には、厚板を用いて大入熱溶接を適用した溶接構造物の溶接継手に発生する可能性のある脆性き裂の伝播を妨げる耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体の溶接方法に関するものであり、建築構造物や土木鋼構造物等の安全性を向上させ得る技術に関する。

## 〔背景技術〕

鋼構造物を建造するためには溶接を用いることが必須であるが、建造コストを低減させたり建造能率を向上させる目的で、大入熱溶接が広く適用されている。特に、鋼板の板厚が増大すると、溶接工数が飛躍的に増加するため、極限まで大入熱で溶接しようとする要求が高い。

しかし、大入熱溶接を適用すると、溶接熱影響（H A Z）部の靱性値が低下し、H A Z部の幅も増大するため、脆性破壊に対する破壊靱性値が低下する傾向にある。

そのため、大入熱溶接を適用してもH A Z部の破壊靱性が低下し難い鋼材の発明が、例えば、特開平6-88161号公報や特開昭60-245768号公報に開示されている。

これらの発明では、脆性破壊の発生に対する抵抗値である破壊靱性値が向上されているため、通常の使用環境で脆性破壊する可能性は極めて低く抑えられているが、地震や構造物同士の衝突といった

事故、災害等の非常時に、万一、脆性破壊が発生してしまうと、脆性き裂はH A Z部を伝播し、大規模な破壊に至る危険性がある。

これまで、板厚25mm程度のTMCP鋼板等が使用されている溶接継手では、脆性き裂が発生しても、溶接部の残留応力により、脆性き裂が溶接継手部から母材側に逸れていくので、母材のアレスト性能を確保しさえすれば、万一、溶接継手部で脆性き裂が発生しても母材で脆性き裂を停止できると考えられてきた。

しかしながら、鋼構造物が大型化することで、より板厚の大きい鋼板が使用されるようになり、また、構造を簡素化するためにも鋼板の厚肉化が有効であることから、設計応力が高い高張力鋼の厚鋼板が使用されるようになってきている。

このような厚鋼板では、溶接継手部の破壊靱性の程度によっては、脆性き裂が母材に逸れることなく、溶接継手部の熱影響域に沿って伝播することが、本発明者の8000トン大型試験機による大型破壊試験により明らかとなった。

本発明者らによる鋼板の脆性破壊に係る試験によれば、板厚50mm以下の鋼板に、図1に示すように、鋼板1の突合せ溶接継手部と交差するように隅肉溶接により骨材3（補強板）を取り付けると、鋼板1に脆性き裂が発生しても骨材により脆性き裂の伝播が止められて（アレスト）、鋼板1の破断に至らないことも多い。

しかし、板厚が厚くなると、骨材が取り付けられていても、骨材3とは無関係に、脆性き裂が母材に逸れることなく、H A Z部あるいは溶接金属部に沿って伝播してしまうことがあった。

#### [発明の開示]

そこで、本発明は、万一、溶接継手に脆性き裂が発生した場合に、補修溶接部にて脆性き裂の伝播を防止して、溶接構造体の致命的

な破断を防止できる溶接構造体およびその溶接方法を提供することを課題とする。

本発明者らは、溶接構造体において、特定の補修溶接を行うことによって、溶接継手の脆性き裂伝播を防止して大規模破壊を未然に防止することができることを見出して、本発明を完成した。

本発明の要旨とするところは、以下のとおりである。

(1) 溶接継手に発生した脆性き裂の伝播を妨げる耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体の溶接方法であって、

脆性き裂が伝播する可能性のある突合せ溶接継手において、脆性き裂を停止させる領域に対し、当該部分を補修溶接することにより突合せ溶接部に比べて高い靱性を有し、かつ、突合せ溶接部の長手方向に対する外縁方向の角度 $\phi$ が10度以上、60度以下である補修溶接部を形成することを特徴とする耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体の溶接方法。

(2) 前記補修溶接部の靱性が突合せ溶接部の脆性－延性破面遷移温度 $vT_{rs}$ に比べて少なくとも20℃以上低いことを特徴とする前記(1)に記載の耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体の溶接方法。

(3) 前記補修溶接は、突合せ溶接継手の表面および裏面のいずれか、または、両方に対して板厚の1/2以上の範囲をガウジング、あるいは機械加工により除去した後、当該部分に補修溶接を行うことを特徴とする前記(1)または(2)に記載の耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体の溶接方法。

(4) 前記補修溶接部と突合せ溶接継手の接する領域において、突合せ溶接部の長手方向に対して垂直な方向に被溶接部材の降伏応力 $Y_P$ の1/2以上の圧縮残留応力を発生させることを特徴とする前記(1)～(3)のいずれかに記載の耐脆性き裂伝播性に優れた

溶接構造体の溶接方法。

(5) 前記補修溶接部における少なくとも最終層の補修溶接ビードにおいて、突合せ溶接部の長手方向に対する補修溶接ビードの長手方向の角度 $\theta$ を80度以下となるように制御して補修溶接を実施することを特徴とする前記(1)～(4)のいずれかに記載の耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体の溶接方法。

(6) 前記突合せ溶接部の長手方向に対する補修溶接部の外縁方向の角度 $\phi$ を、10度以上、45度以下となるように制御して補修溶接を実施することを特徴とする前記(1)～(5)のいずれかに記載の耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体の溶接方法。

(7) 溶接継手に発生した脆性き裂の伝播を妨げる耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体であって、脆性き裂が伝播する可能性のある突合せ溶接継手において、脆性き裂を停止させる領域に、突合せ溶接部に比べて高い靱性を有し、かつ、突合せ溶接部の長手方向に対する外縁方向の角度 $\phi$ が10度以上、60度以下である補修溶接部を有することを特徴とする耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体。

(8) 前記補修溶接部の靱性が突合せ溶接部の脆性－延性破面遷移温度 $vT_{rs}$ に比べて少なくとも20℃以上低いことを特徴とする前記(7)に記載の耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体。

(9) 前記補修溶接部は、突合せ溶接継手の表面および裏面のいずれか、または、両方に対して板厚の1/2以上の範囲に有することを特徴とする前記(7)または(8)に記載の耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体。

(10) 前記補修溶接部と突合せ溶接継手の接する領域において、突合せ溶接部の長手方向に対して垂直な方向に被溶接部材の降伏応力 $Y_P$ の1/2以上の圧縮残留応力を有することを特徴とする前

記（７）～（９）のいずれか１項に記載の耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体。

（１１）前記補修溶接部における少なくとも最終層の補修溶接ビードにおいて、突合せ溶接部の長手方向に対する補修溶接ビードの長手方向の角度 $\theta$ が８０度以下であることを特徴とする前記（７）～（１０）のいずれかに記載の耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体。

（１２）前記突合せ溶接部の長手方向に対する補修溶接部の外縁方向の角度 $\phi$ が１０度以上、４５度以下であることを特徴とする前記（７）～（１１）のいずれかに記載の耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体。

本発明によれば、突合せ溶接継手の一部に特定の補修溶接を行うことによって、万一、溶接継手に脆性き裂が発生した場合にも、溶接部にて脆性き裂の伝播を防止することができる。

#### [図面の簡単な説明]

図１は、骨材を配置した溶接構造体を示す図である。

図２は、補修溶接を施した溶接構造体を説明する図である。

図３は、脆性き裂伝播を防止するための溶接構造体の溶接方法を示す図である。

図４は、本発明の実施例に用いた試験片を示す図である。

#### [発明を実施するための最良の形態]

本発明を実施するための最良の形態について、図２～４を用いて詳細に説明する。

図２は、本発明の溶接方法を適用する鋼板の突合せ溶接継手を示す図である。図２において、２は突合せ溶接継手、５は突合せ溶接

部、6は補修溶接部を示す。

本発明の補修溶接は、図2に示すような、脆性き裂が伝播する可能性のある突合せ溶接継手2（突合せ溶接部5および鋼板1の熱影響部）において、脆性き裂を停止させる領域に対し、当該領域の突合せ溶接継手2（突合せ溶接部5および鋼板1の熱影響部）の一部をガウジングまたは機械加工により除去した後、当該部分を靱性の優れた溶接材料を用いて補修溶接することにより、突合せ溶接部5に比べて高い靱性を有し、かつ、突合せ溶接部5の長手方向に対する外縁方向の角度 $\phi$ が10度以上、60度以下である補修溶接6を形成することを特徴とする。

溶接継手にて発生した脆性き裂は、突合せ溶接継手2の突合せ溶接部5、または、残留引張応力が生じやすい鋼板1の熱影響部を伝播するが、脆性き裂を停止させる領域に、突合せ溶接部5に比べて高い靱性を有し、かつ、突合せ溶接部5の長手方向に対する外縁方向の角度 $\phi$ が10度以上、60度以下である補修溶接部6を形成することにより、突合せ溶接部5または鋼板1の熱影響部に沿って伝播する脆性き裂を逸らせて鋼板1の母材部に導き出し、き裂の伝播を停止できることを見出した。

この効果は、図1に示すように垂直部材（鋼板1）の突合せ溶接部5に交差するように水平の鉄骨材3（補強材）を隅肉溶接4した溶接構造体に適用する場合は、突合せ溶接部5または鋼板1の熱影響部に沿って伝播する脆性き裂を補修溶接部6により逸らせて鉄骨材3（補強材）に導き出し、き裂の伝播を停止できるため、より顕著な効果が発揮される。

なお、図1に示す鉄骨材3（補強材）がない溶接構造体であっても、突合せ溶接部5または鋼板1の熱影響部に沿って伝播する脆性き裂を補修溶接部6により逸らせて鋼板1に導き出し、き裂の伝播

を停止できるため、図 1 に示す溶接構造体に限定されるのではないことは言うまでもない。

本発明においては、ガウジングあるいは機械加工の深さは、突合せ溶接継手 2 の表面および裏面のいずれか、または、両方に対して板厚の  $1/2$  以上の範囲をガウジングあるいは機械加工により除去した後、当該部分に上記の靱性に優れた補修溶接部 6 を形成することにより、伝播き裂をより確実に停止でき、耐脆性き裂伝播性をさらに向上させるために好ましい。

本発明においては、突合せ溶接継手 2 の突合せ溶接部 5 または鋼板 1 の熱影響部を伝播してきた脆性き裂が、突合せ溶接部 5 の長手方向に対する外縁方向の角度  $\phi$  が比較的大きい場合などで、鋼板 1 側または骨材 3 側の方に逸れずに補修溶接部 6 に突入する際に、補修溶接部 6 の靱性が突合せ溶接部 5 に比べて低いと補修溶接部 6 にき裂が侵入した後、停止せず、さらに突合せ溶接継手 2 の突合せ溶接部 5 または鋼板 1 の熱影響部に沿って亀裂が伝播してしまうことがある。

そこで、本発明においては、補修溶接部 6 に、破壊靱性の優れた溶接材料を用いて補修溶接し、破壊靱性値が突合せ溶接部 5 の脆性－延性破面遷移温度  $v T_{rs}$  に比べて少なくとも  $20^{\circ}\text{C}$  以上低いような優れた靱性の補修溶接部 6 を形成することにより、突合せ溶接継手 2 の突合せ溶接部 5 または鋼板 1 の熱影響部に沿って伝播する脆性き裂が、鋼板 1 側または骨材 3 側の方に逸れずに補修溶接部 6 に突入する場合でも、補修溶接部 6 内でき裂の伝播を停止することができるため好ましい。

なお、補修溶接部 6 の溶接金属の破壊靱性を高める方法は、特に限定する必要はなく、靱性に優れた溶接材料として、例えば、溶接ワイヤに  $\text{Ni}$  を 2 質量% 以上含有する溶接材料を用いて補修溶接す

ることにより溶接金属を上記靱性値の範囲に調整する方法が用いられる。

図 3 は、本発明の溶接方法に用いる補修溶接部の詳細図である。

図 3 において、2 は突合せ溶接継手、5 は突合せ溶接部、6 は補修溶接部、7 は補修溶接ビードを示す。

本発明者等は、さらに、補修溶接部の最適条件について種々の実験により検討した結果、脆性き裂が伝播する可能性のある突合せ溶接継手の脆性き裂を停止させる領域に対し、上記の靱性に優れた補修溶接部 6 の形成とともに、補修溶接部 6 の外縁方向の角度  $\phi$  を突合せ溶接部 5 の長手方向に対して 10 度以上、60 度以下とすることにより、突合せ溶接部 5 または鋼板 1 の熱影響部に沿って伝播する脆性き裂を鋼板 1 側または骨材 3 側の方に逸らせ鋼板母材で伝播を停止し、または、補修溶接部 6 に突入した場合でも確実に補修溶接部 6 内で伝播を停止することができることを明らかにした。

本発明の技術思想の主眼は、補修溶接部 6 外縁の周辺、つまり突合せ溶接継手 2 と補修溶接部 6 が接する領域に発生する残留応力の影響により、突合せ溶接部 5 の長手方向に沿って伝播してくる脆性き裂を突合せ溶接継手 2 の突合せ溶接部 5 または鋼板 1 の熱影響部から鋼板 1 側または骨材 3 側の方に逸らせることである。

本発明者らは、突合せ溶接部 5 の長手方向に対する補修溶接部 6 の外縁方向の角度  $\phi$  を変化させて、突合せ溶接部継手 2 の突合せ溶接部 5 または鋼板 1 の熱影響部を伝播する脆性き裂を鋼板 1 側または骨材 3 側の方に逸らせることができる条件を検討した。

その結果、上記角度  $\phi$  が 60 度を超えると、補修溶接部 6 に脆性き裂が突入してくることが多いため、補修溶接部 6 の破壊靱性が十分高くないと脆性き裂を停止させることはできないが、 $\phi$  が 60 度未満であれば、脆性き裂が補修溶接部 6 と突合せ溶接継手（母材）

との境界部に沿って伝播させ、鋼板 1 または骨材 3 に導いて伝播を停止できることを知見した。

また、この効果をより発揮させるためには、突合せ溶接部 5 の長手方向に対する補修溶接部 6 の外縁方向の角度  $\phi$  を 45 度以下とするの好ましい。

しかし、上記角度  $\phi$  が 10 度未満になると、脆性き裂は補修溶接部 6 と突合せ溶接継手 2（母材）との境界部に沿って伝播するものの、補修溶接部 6 の領域を抜けた位置の周辺で、脆性き裂が伝播する位置が突合せ溶接部 5 との距離が近すぎるため、再び突合せ溶接部 5 または鋼板 1 の熱影響部に沿って脆性き裂が再伝播してしまうことがあるので、上記  $\phi$  の下限を 10 度とした。

また、上記突合せ溶接部 5 の長手方向に対する補修溶接部 6 における少なくとも最終層の補修溶接ビード 7 の長手方向の角度  $\theta$  を制御することにより、補修溶接部 6 と突合せ溶接継手（鋼板 1 の熱影響部）の接する領域に大きな残留応力を発生させ、当該領域の主応力方向を突合せ溶接継手 2（突合せ溶接部 5 および鋼板 1 の熱影響部）に作用している主応力方向とは異なる方向に変えることで、より安定して、前記突合せ溶接継手 2 の突合せ溶接部 5 または鋼板 1 の熱影響部に沿って伝播する脆性き裂を当該突合せ溶接部 5 または鋼板 1 の熱影響部から逸らせて母材部に導き出すことができることを見出した。

つまり、本発明者等は、種々の実験を行うことにより、補修溶接部 6 と突合せ溶接継手 2 の接する領域に発生する残留応力は、補修溶接部 6 における少なくとも最終層の補修溶接ビード 7 の長手方向の突合せ溶接部 5 の長手方向に対する角度  $\theta$  に大きく影響を受けることを見出した。

補修溶接ビード 7 は凝固する際に、特に、溶接ビードの長手方向

の方に大きく縮もうとするが、補修溶接ビード7 端部周辺の突合せ溶接継手（鋼板1の熱影響部）のマトリックスは変形しにくいので、その結果、補修溶接ビード7 端部周辺に残留応力が発生する。

また、補修溶接部6の厚みが大きい場合は、多層パスでの補修溶接が行なわれるが、最終層の補修溶接ビード7は次層パスにより加熱されないため、最終層の補修溶接ビード7 端部周辺で発生した残留応力はそのまま維持される。

従って、補修溶接部6と突合せ溶接継手2の接する領域に大きな残留応力を発生させるために、補修溶接部6における少なくとも最終層のビードにおいて突合せ溶接部5の長手方向に対する補修溶接ビード7の長手方向の角度 $\theta$ が重要となることがわかった。

上記角度 $\theta$ が80度を超える場合は、補修溶接ビード7の長手方向が突合せ溶接部5の長手方向と直行する方向に近くなり、ビードが凝固収縮する際に発生する引張残留応力がき裂を伝播させるための主応力方向と一致あるいは近づくので、突合せ溶接継部5の溶融線（FL）に沿って伝播してきた脆性き裂を補修溶接部の周辺へと逸らせることができない。

このため、補修溶接部6における少なくとも最終層のビードについて、突合せ溶接部5の長手方向に対する補修溶接ビード7の長手方向 $\theta$ を80度以下とするのが好ましい。

また、上記 $\theta$ が0度に近づくにつれて、補修溶接溶接ビード7 端部で発生する引張方向の残留応力の方向とき裂を伝播させる主応力の方向が直行するようになり、その合力としての方向がき裂を直進させることを阻止するように作用するため、き裂を補修溶接部の周辺に逸らせる効果が大きくなるので好ましい。

さらに、補修溶接部6において補修溶接ビード7を溶接施工することにより残留応力をできるだけ大きく発生させるためには、補修

溶接ビード 7 の周辺領域との温度差を維持することが、より好ましい。

補修溶接時の溶接入熱が大きい場合には、補修溶接ビード 7 の周囲部の温度上昇も大きくなり、補修溶接ビード 7 が室温程度まで冷却される時間も長くなり、残留応力が小さくなってしまうので、残留応力を高めるためには、入熱は小さい方が有利である。

#### [実施例]

突合せ溶接継手の一部をガウジングにより削除し、その部分に補修溶接を施し、その補修溶接部が脆性き裂の伝播を阻止しうる性能を発揮できるか否かを種々の試験を行った。

試験にあたっては、突合せ溶接部の長手方向に直進してくる脆性き裂を阻止しうるか否かを評価するため、図 4 に示すように、2500 mm x 2500 mm x 板厚の鋼板を用い、その試験片表裏面の中央部 8 に、それぞれの深さを板厚の 1/2 程度、試験片表裏面の径が板厚と同じ程度の寸法となるような“窪み”を機械加工し、その中を、表 1 ~ 4 に示す種々の化学成分の溶接材料、溶接条件を変化させて、溶接金属の化学成分と溶接金属の組織を変化させた試験片を作製した。

そして、その試験片端部から 200 mm の位置に楔 8 を挿入して脆性き裂を発生させるための V 字の切り欠き加工を突合せ溶接部（エレクトロガス溶接による大入熱溶接継手）のフュージョンライン（熔融線）に一致するように施し、試験片端部を -40℃ 程度の低温に冷却し、試験片中央部を -10℃ にコントロールして、所定の応力を負荷した後、V 字切り欠き部に楔を打ち込み、脆性き裂を発生させ、突合せ溶接部のフュージョンラインに沿って、脆性き裂を伝播させた。

伝播した脆性き裂が、補修溶接部に到達した後、その脆性き裂が伝播するか否かを評価した。

その試験結果を表 1 に示す。

なお、突合せ溶接部および補修溶接部のそれぞれの溶接金属の靱性の測定は、試験片の長手方向が突合せ溶接部の長手方向と直角な方向になるようにそれぞれの試験片を採取し、それぞれの試験片について V ノッチシャルピー衝撃試験を実施し、脆性－延性破面遷移温度  $v T_{rs}$  (°C) を求めた。表 1 に示す補修溶接部と突合せ溶接部との  $v T_{rs}$  (°C) の差は、このようにして測定した各  $v T_{rs}$  (°C) の差を示す。

また、補修溶接部周辺の残留応力の測定は、補修溶接部と突合せ溶接部のそれぞれの外縁部が接する位置（図 3 のシャルピー試験片採取位置 11 : ●印）から被溶接部材側に 2 mm だけ離れた位置において X 線法により残留ひずみを測定した。

測定した残留応力の応力方向は、突合せ溶接部の長手方向に直角な方向であり、脆性き裂が突合せ溶接部または鋼板の熱影響部に沿って伝播する際の主応力方向である。

表 1 の補修溶接部の残留応力 (MPa) は、このように測定した残留応力を示し、符号は－が圧縮応力であり、＋は引張応力であることを示す。

表 1 に示す耐き裂伝播性における伝播位置は、試験片端部で発生させたき裂が補修溶接部へ伝播する際のき裂伝播位置を意味し、FL (Fusion Line) は、き裂が補修溶接部溶融線 (FL) に沿って伝播し、WM は補修溶接部の溶接金属中で伝播したことを示す。

また、表 1 に示す耐き裂伝播性における結果で、「母材にそれで停止」とは、き裂が補修溶接領域の外側に逸れて被溶接母材にて停止し、破断しなかったことを示す。「WM に突入後、伝播し、再び

突合せ溶接部を伝播」とは、き裂が補修溶接領域内に突入したのち、補修溶接領域内部を貫通伝播し、さらに突合せ溶接部を引き続き伝播して破断した結果を示す。

「補修溶接部周辺に沿って伝播後、再び突合せ溶接部を伝播」とは、補修溶接部周辺にき裂を誘導できたものの母材に逸らせることはできず、補修溶接部領域を伝播後、再び突合せ溶接部に沿って伝播した結果を示す。

「（但し補修溶接部にも一部き裂分岐し停止）」とは、主き裂は母材に逸れて停止したものの、補修溶接部と突合せ溶接部の交差領域の残留応力が十分圧縮でなかったため、伝播中のき裂が分岐して補修溶接部にも突入したものである。しかしながら、主き裂は母材に逸れていたため補修溶接部も一部損傷したものの破断にはいたらなかったものである。

NO. 1～NO. 13は、本発明に従って、突合せ溶接継手部の一部を除去して補修溶接を行った本発明例であって、いずれの実施例も、耐き裂伝播性が良好であった。

NO. 11, 12, 13は上記角度 $\theta$ の値が大きすぎたため残留応力が所定の値には達しなかった。そのため、き裂の一部が補修溶接部にも分岐したが、主き裂は母材に逸れたので停止させることができた。

一方、NO. 14～NO. 21は比較例であって、NO. 14～NO. 17は突合せ溶接継手部の一部を除去して補修溶接を行ったが、補修溶接部と突合せ溶接部との靱性差が不十分であり、補修溶接部の靱性が低かったため、き裂が補修溶接部に突入し、その後その領域で停止することなく補修溶接部を貫通し、再び突合せ溶接部に沿って伝播し破断した。

NO. 18は、補修溶接部の靱性は十分であったが、 $\phi$ の値が小

さすぎたため、き裂は補修溶接部周辺に沿って伝播後、再び突合せ溶接部を伝播し破断した。

また、NO. 19～NO. 21は、突合せ溶接継手部の一部を除去して補修溶接を行わなかったため、突合せ溶接継手で発生させた脆性き裂が、その溶接継ぎ手に沿って伝播し、試験片が真っ二つに破断した。

表 1

	突合せ溶接継ぎ手				補修溶接										入熱HI (kJ/mm)	
	No.	鋼種	板厚 (mm)	溶接方法	溶接材料	除去方法	幅W (mm)	長さL (mm)	合計 深さ (mm)	溶接方法	溶接材料	補修溶接 と突合せ 溶接との 差 vTrsの差	角度φ (度)	角度θ (度)		θ 角度制御を実施した層
本 発 明 例	1	YP40	50	EG	EG-1	ガウジング	115	138	40	CO <sub>2</sub> 溶接	YM55H	-20	12	0	全層	2.5
	2	YP47	45	EG	EG-60	機械加工	80	96	25	SMAW	N-12	-32	43	60	最終層	2
	3	YP32	35	EG	EG-1	ガウジング	70	84	35	CO <sub>2</sub> 溶接	YM-3N	-40	15	45	最終層	2.5
	4	YP36	25	EG	EG-3	ガウジング	60	72	20	CO <sub>2</sub> 溶接	YM-1N	-30	20	35	最終層	3
	5	YP40	50	EG	EG-3	機械加工	115	138	25	SMAW	YAWATA WELD B	-150	30	55	全層	2.5
	6	YP40	60	EG	EG-3	ガウジング	140	168	40	CO <sub>2</sub> 溶接	YM36E	-25	45	45	全層	5
	7	YP40	35	CO2	YM26	ガウジング	80	96	20	CO <sub>2</sub> 溶接	YM55H	-28	10	45	最終層およびその手前3層	2
	8	YP47	70	VEGA-II	EG-60M	機械加工	150	180	50	SMAW	YAWATA WELD B(M)	-180	35	40	最終層およびその手前4層	2.9
	9	YP32	40	SAW	Y-Dx NB250H	ガウジング	90	108	25	CO <sub>2</sub> 溶接	YM309L	-160	42	30	最終層	5
	10	YP40	80	VEGA-II	EG-60M	ガウジング	150	180	50	CO <sub>2</sub> 溶接	YM309L	-100	55	45	全層	-
比 較 例	11	YP36	20	FAB	Y-Dx NB250H	ガウジング	50	60	10	CO <sub>2</sub> 溶接	YM316L	-140	40	85	最終層	2.8
	12	YP40	45	SAW	Y-DMx NSH55E	機械加工	100	120	35	SMAW	YAWATA WELD B(M)	-175	45	82	最終層	2.3
	13	YP47	100	VEGA-II	EG-60M	ガウジング	200	240	80	SMAW	YM-3N	-45	60	90	全層	-
	14	YP40	50	EG	EG-3	ガウジング	90	100	30	CO <sub>2</sub> 溶接	YM28	-10	0	30	最終層	3.5
	15	YP47	30	FCB	Y-DMx NSH55E	ガウジング	70	100	20	SMAW	L-60	40	45	90	全層	3.5
	16	YP32	45	EG	EG-1	機械加工	90	100	25	CO <sub>2</sub> 溶接	YM28	-5	80	45	全層	1.5
	17	YP47	31	FCB	Y-DMx NSH55E	ガウジング	70	100	20	SMAW	L-60	5	40	30	全層	2.1
	18	YP40	25	FCB	Y-DMx NSH55E	機械加工	100	90	25	CO <sub>2</sub> 溶接	YM28	-25	5	80	最終層	2.3
	19	YP36	65	VEGA	EG-60M	なし	-	-	0	-					なし	-
	20	YP40	70	SEG	DWS-1LG	なし	-	-	0	-					なし	-
	21	YP40	60	VEGA-II	EG-60M	なし	-	-	0	-					なし	-

なお、表中のEG：エレクトロガスアーク溶接、CO<sub>2</sub>：炭酸ガスシールドアーク溶接、SAW：サブマージアーク溶接、FCB：Cuパッキング片面サブマージアーク溶接、FAB：アスベストパッキング片面サブマージアーク溶接、VEGA：1 電極揺動式エレクトロガス溶接、VEGA-II：2 電極揺動式エレクトロガス溶接、SEG：簡易式エレクトロガス溶接、SMAW：手溶接（被覆アーク溶接）をそれぞれ示す。

表 1 ( 続 き )

No.	耐き裂伝播性			結果
	補修溶接部の残留応力(MPa)	補修溶接部の伝播位置		
1	-350	FL	母材に逸れて停止	
2	-402	FL	母材に逸れて停止	
3	-265	FL	母材に逸れて停止	
4	-300	FL	母材に逸れて停止	
5	-340	FL	母材に逸れて停止	
6	-300	FL	母材に逸れて停止	
7	-320	FL	母材に逸れて停止	
8	-420	FL	母材に逸れて停止	
9	-300	FL	母材に逸れて停止	
10	-200	FL	母材に逸れて停止	
11	100	FL(WM)	母材に逸れて停止 (但し補修溶接部にも一部き裂分岐し停止)	
12	120	FL(WM)	母材に逸れて停止 (但し補修溶接部にも一部き裂分岐し停止)	
13	300	FL(WM)	母材に逸れて停止 (但し補修溶接部にも一部き裂分岐し停止)	
14	100	WM	補修溶接部周辺に沿って伝播後、再び突合せ溶接部を伝播	
15	-200	WM	WMに突入後、伝播し、再び突合せ溶接部を伝播	
16	300	WM	WMに突入後、伝播し、再び突合せ溶接部を伝播	
17	-250	WM	WMに突入後、伝播し、再び突合せ溶接部を伝播	
18	120	WM	補修溶接部周辺に沿って伝播後、再び突合せ溶接部を伝播	
19	-	-	突合せ溶接部を伝播	
20	-	-	突合せ溶接部を伝播	
21	-	-	突合せ溶接部を伝播	

本 発 明 例	比 較 例
---------	-------

本 発 明 例

比 較 例

表 2 鋼材の化学成分 (mass%)

鋼種	C	Si	Mn	P	S	Ni	Ti
YP32	0.13	0.19	1.28	0.01	0.003	—	0.01
YP36	0.12	0.21	1.27	0.007	0.004	—	0.01
YP40	0.11	0.21	1.3	0.006	0.003	—	0.01
YP47	0.08	0.24	1.22	0.007	0.002	1.02	0.01

表 3 突合せ溶接部の溶接材料の化学成分 (mass%)

溶接材料	C	Si	Mn	P	S	Mo	Ni
EG-1	0.1	0.33	1.45	0.015	0.01	0.27	—
EG-3	0.08	0.29	1.85	0.011	0.008	0.2	—
EG-60	0.1	0.34	1.68	0.016	0.015	0.29	—
EG-60M	0.07	0.29	1.81	0.011	0.01	0.4	1.5
YM26	0.1	0.52	1.11	0.017	0.011	—	—
Y-Dx NB250H	0.07	0.24	1.38	0.014	0.009	—	—
Y-DMx NSH55E	0.1	0.25	1.40	0.014	0.009	0.36	—
DWS-1LG	0.06	0.20	1.51	0.015	0.01	—	2.0

表 4 補修溶接部の溶接材料の化学成分 (mass%)

溶接材料	C	Si	Mn	P	S	Mo	Ni	Cr
YM36E	0.05	0.33	1.2	0.004	0.002	—	—	—
YM55H	0.08	0.44	1.36	0.006	0.002	0.18	—	—
YM60C	0.07	0.38	1.38	0.005	0.012	0.35	—	—
YM-1N	0.05	0.39	1.25	0.007	0.005	0.22	0.98	—
YM-3N	0.04	0.3	0.7	0.006	0.004	—	3.56	—
YAWATA WELD B	0.06	0.3	2.91	0.008	0.004	0.76	68.5	16.7
YAWATA WELD B(M)	0.09	0.24	3.27	0.008	0.003	2.32	65.1	15
YM309L	0.022	0.47	1.52	0.02	0.007	—	13.1	24.1
YM316L	0.015	0.49	1.32	0.02	0.007	2.59	12.8	18.9
N-12	0.06	0.44	1.02	0.002	0.005	—	2.38	—
N-13	0.05	0.42	0.46	0.01	0.008	—	3.35	—
N-16	0.04	0.17	0.28	0.01	0.05	—	6.65	—
L-60	0.07	0.48	1.12	0.01	0.06	0.22	0.76	—

## [産業上の利用可能性]

前述したように、本発明によれば、突合せ溶接継手の一部に特定の補修溶接を行うことによって、万一、溶接継手に脆性き裂が発生した場合にも、溶接部にて脆性き裂の伝播を防止することができる。

したがって、本発明は、溶接構造体の致命的な破断を防止できる溶接構造体の溶接方法を提供することができ、産業上有用な著しい効果を奏するものである。

## 請 求 の 範 囲

1. 溶接継手に発生した脆性き裂の伝播を妨げる耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体の溶接方法であって、

脆性き裂が伝播する可能性のある突合せ溶接継手において、脆性き裂を停止させる領域に対し、当該領域の突合せ溶接継手の一部をガウジング、あるいは機械加工により除去した後、当該部分を補修溶接することにより突合せ溶接部に比べて高い靱性を有し、かつ、突合せ溶接部の長手方向に対する外縁方向の角度 $\phi$ が10度以上、60度以下である補修溶接部を形成することを特徴とする耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体の溶接方法。

2. 前記補修溶接部の靱性が突合せ溶接部の脆性－延性破面遷移温度 $vT_{rs}$ に比べて少なくとも20℃以上低いことを特徴とする請求の範囲1に記載の耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体の溶接方法。

3. 前記補修溶接は、突合せ溶接継手の表面および裏面のいずれか、または、両方に対して板厚の1/2以上の範囲をガウジング、あるいは機械加工により除去した後、当該部分に補修溶接を行うことを特徴とする請求の範囲1または2に記載の耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体の溶接方法。

4. 前記補修溶接部と突合せ溶接継手の接する領域において、突合せ溶接部の長手方向に対して垂直な方向に被溶接部材の降伏応力 $Y_P$ の1/2以上の圧縮残留応力を発生させることを特徴とする請求の範囲1～3のいずれか1項に記載の耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体の溶接方法。

5. 前記補修溶接部における少なくとも最終層の補修溶接ビードにおいて、突合せ溶接部の長手方向に対する補修溶接ビードの長手

方向の角度  $\theta$  を 80 度以下となるように制御して補修溶接を実施することを特徴とする請求の範囲 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体の溶接方法。

6. 前記突合せ溶接部の長手方向に対する補修溶接部の外縁方向の角度  $\phi$  を、10 度以上、45 度以下となるように制御して補修溶接を実施することを特徴とする請求の範囲 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体の溶接方法。

7. 溶接継手に発生した脆性き裂の伝播を妨げる耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体であって、

脆性き裂が伝播する可能性のある突合せ溶接継手において、脆性き裂を停止させる領域に、突合せ溶接部に比べて高い靱性を有し、かつ、突合せ溶接部の長手方向に対する外縁方向の角度  $\phi$  が 10 度以上、60 度以下である補修溶接部を有することを特徴とする耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体。

8. 前記補修溶接部の靱性が突合せ溶接部の脆性－延性破面遷移温度  $v T_{rs}$  に比べて少なくとも 20℃ 以上低いことを特徴とする請求の範囲 7 に記載の耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体。

9. 前記補修溶接部は、突合せ溶接継手の表面および裏面のいずれか、または、両方に対して板厚の 1/2 以上の範囲に有することを特徴とする請求の範囲 7 または 8 に記載の耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体。

10. 前記補修溶接部と突合せ溶接継手の接する領域において、突合せ溶接部の長手方向に対して垂直な方向に被溶接部材の降伏応力  $Y_P$  の 1/2 以上の圧縮残留応力を有することを特徴とする請求の範囲 7 ～ 9 のいずれか 1 項に記載の耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体。

11. 前記補修溶接部における少なくとも最終層の補修溶接ビー

ドにおいて、突合せ溶接部の長手方向に対する補修溶接ビードの長手方向の角度 $\theta$ が80度以下であることを特徴とする請求の範囲7～10のいずれか1項に記載の耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体。

12. 前記突合せ溶接部の長手方向に対する補修溶接部の外縁方向の角度 $\phi$ が10度以上、45度以下であることを特徴とする請求の範囲7～11のいずれかに記載の耐脆性き裂伝播性に優れた溶接構造体。

Fig. 1

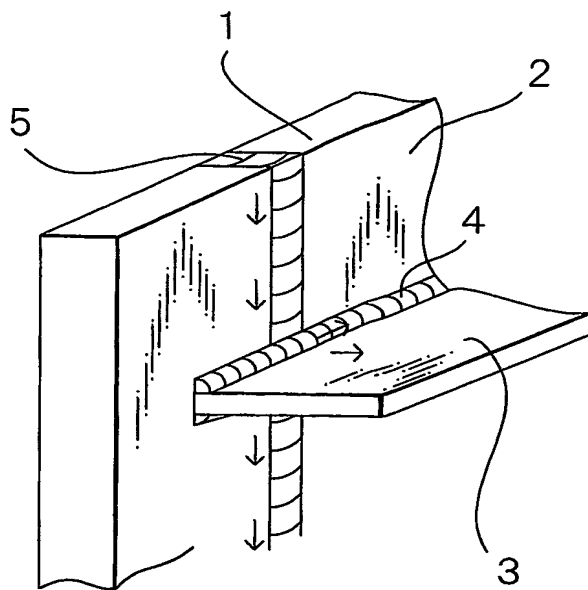


Fig. 2

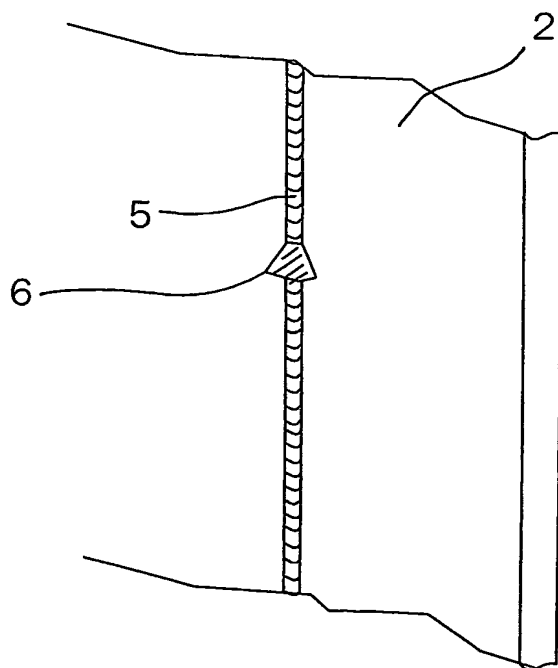


Fig. 3

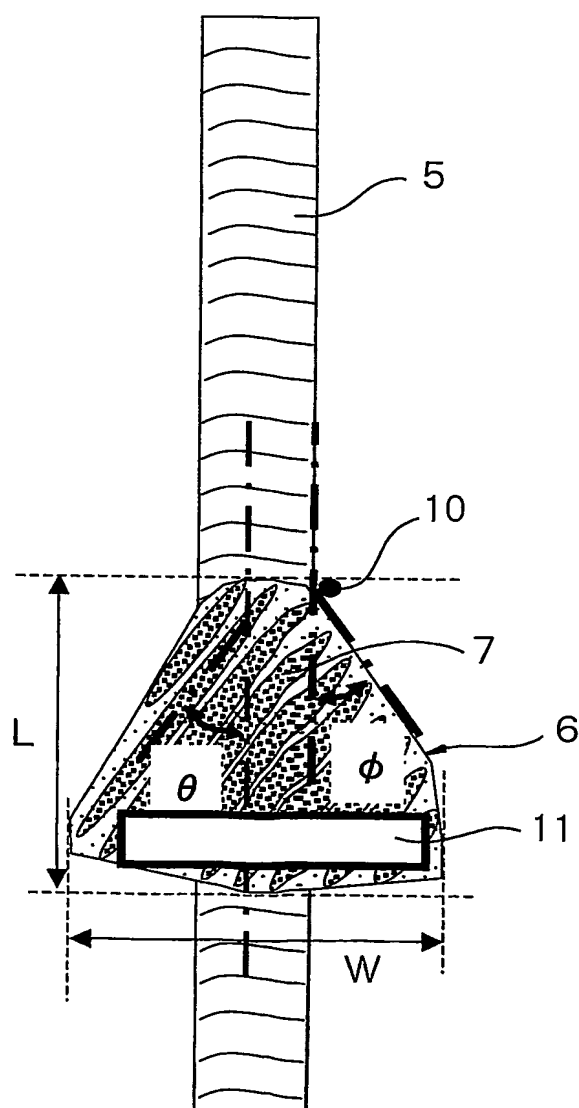
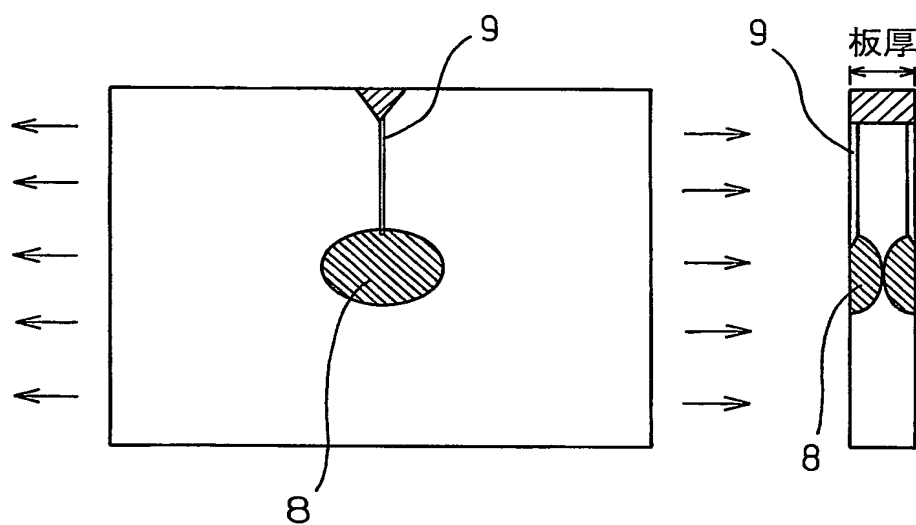


Fig. 4



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/015202

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> B23D9/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> B23D9/04, B23K31/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 57-4395 A (Babcock-Hitachi Kabushiki Kaisha), 09 January, 1982 (09.01.82), Full text (Family: none)	1-12
A	JP 54-11045 A (Babcock-Hitachi Kabushiki Kaisha), 26 January, 1979 (26.01.79), Full text (Family: none)	1-12
A	JP 55-122678 A (Meidensha Corp.), 20 September, 1980 (20.09.80), Full text (Family: none)	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
11 January, 2005 (11.01.05)

Date of mailing of the international search report  
15 February, 2005 (15.02.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int Cl<sup>7</sup> B 2 3 K 9 / 0 4

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int Cl<sup>7</sup> B 2 3 K 9 / 0 4 , B 2 3 K 3 1 / 0 0

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2005年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2005年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 57-4395 A (パブコック日立株式会社) 1982. 01. 09, 全文 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 54-11045 A (パブコック日立株式会社) 1979. 01. 26, 全文 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 55-122678 A (株式会社明電舎) 1980. 09. 20, 全文 (ファミリーなし)	1-12

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11. 01. 2005

国際調査報告の発送日

15. 2. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

福島 和幸

3P

9346

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**